

repository.ub.ac.id

**Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat
pada Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan
*Trichoderma viride***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang Kimia



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat pada Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan *Trichoderma viride*

oleh:

Melia Dewi Padmiharsi
145090200111012

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal **19 JUL 2018**.....
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I



Dr. Ulfa Andayani, S.Si., M.Si
NIP. 197009291994122001

Pembimbing II



Dr. Ir. Adam Wiryawan, MS
NIP. 195806211984031004



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas IPA Universitas Brawijaya

Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197310202002121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Melia Dewi Padmiharsi

NIM : 145090200111012

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

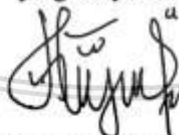
Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat pada Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan *Trichoderma viride*

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pertanyaan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, **19 JUL 2018**
yang menyatakan,



(Melia Dewi Padmiharsi)
NIM. 145090200111012

**Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat pada
Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan
*Trichoderma viride***

ABSTRAK

Kobalt (II) merupakan salah satu logam berat yang larut dalam air. Kobalt dalam jumlah kecil sangat penting bagi kesehatan manusia karena merupakan bagian dari vitamin B12. Namun, konsentrasi kobalt yang lebih tinggi dari 150 ppm atau lebih dapat menyebabkan kelumpuhan, diare, tekanan darah rendah, iritasi paru-paru dan cacat tulang. Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi Co(II) dalam perairan adalah biosorpsi. Penelitian ini mengkaji pengaruh pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi biosorbat untuk mengetahui kemampuan *Trichoderma viride* dalam biosorpsi Co(II). Rentang pH yang dipelajari yaitu 1-6, waktu kontak yang dipelajari antara lain 12, 24, 30, 36, 42, dan 48 jam, serta konsentrasi biosorbat yang dipelajari yaitu 10,0; 15,0; 20,0; dan 25,0 ppm. Metode pengukuran Co(II) menggunakan metode spektrofotometri sinar tampak dengan pereaksi pewarna garam nitroso-R. Profil gugus fungsi yang terkandung di dalam *T.viride* dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri FTIR. Hasil menunjukkan bahwa biosorpsi optimum terjadi pada pH 4, dengan waktu kontak pada jam ke-30, dan konsentrasi biosorbat 20,0 ppm. Kapasitas biosorpsi *T.viride* terhadap logam Co(II) sebesar 0,02 mg/10⁶ koloni *T.viride*. Gugus fungsi pada permukaan *T.viride* yang terlibat dalam proses biosorpsi antara lain: -COO, -OH, -NH, -CO.

Kata kunci: kobalt, nitroso-R, biosorpsi, *Trichoderma viride*

The Effect of pH, Contact Time, and Adsorbate Concentration on The Biosorption of Co(II) Metal Using *Trichoderma viride*

ABSTRACT

Cobalt (II) is one of the heavy metals which is soluble in water. Cobalt in small quantities is very important for human health because it is part of vitamin B12. However, higher cobalt concentrations of 150 ppm or more can cause paralysis, diarrhea, low blood pressure, lung irritation and defective bone. One method used to reduce Co(II) in waters is biosorption. This study examines the effect of solution pH, contact time, and biosorbate concentration to determine the ability of *Trichoderma viride* on the biosorption of Co(II). The pH range studied were 1-6, the contact time studied were 12, 24, 30, 36, 42, and 48 hours, and the concentration of biosorbate studied were 10,0; 15,0; 20,0; and 25,0 ppm. Method of measuring Co(II) by using visible spectrophotometry with nitroso-R salt coloring reagent. The functional group profiles contained in *T.viride* were characterized using FTIR spectrophotometry. The results showed that the optimum biosorption occurred at pH 4, with contact time at the 30 h, and the biosorbate concentration of 20,0 ppm. The capacity of *T. viride* biosorption against Co(II) metal is 0,02 mg/10⁶ *T.viride* colony. The functional groups on the *T.viride* surfaces involved in the biosorption process include: -COO, -OH, -NH, -CO.

Key word: cobalt, nitroso-R, biosorption, *Trichoderma viride*

KATA PENGANTAR

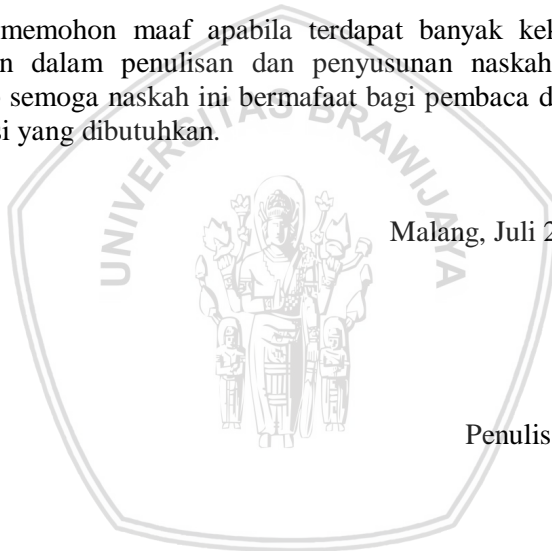
Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas nikmat dan karunia-Nya penyusunan skripsi dengan judul **“Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat pada Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan *Trichoderma viride*”** dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan serta syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam bidang Kimia di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam banyak hal, sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini dengan baik. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orangtua penulis (Imam Karyanto dan Ida Supinarni), kakak penulis (Kiki Wahyu Rizki) serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta bantuan baik secara moril maupun materiil.
2. Dr. Ulfa Andayani, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing I dan Dr. Ir. Adam Wiryawan, MS selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, arahan, koreksi, serta saran selama penyusunan skripsi ini.
3. Akhmad Sabarudin, S.Si, M.Sc., Dr.Sc selaku dosen penasehat akademik yang selalu memberikan motivasi dan masukan selama masa studi penulis.
4. Masruri S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia, FMIPA UB atas bantuan yang telah diberikan selama studi penulis.
5. Dosen penguji seminar proposal, seminar kemajuan, dan ujian tugas akhir atas saran yang membangun kepada penulis.
6. Darwin ,Maryono, dan Hadi Kurniawan, A.Md selaku PLP Laboratorium Kimia Analitik, Kimia Instrumentasi, dan Biokimia yang telah membantu dalam penyediaan alat dan proses analisis selama penelitian.
7. Segenap dosen dan staf Jurusan Kimia FMIPA UB atas segala ilmu, fasilitas, dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi penulis.
8. Teman-teman di Laboratorium Kimia Analitik dan Biokimia, serta teman-teman seperjuangan tugas akhir semester genap (Siti Nur

- Aqidah, Niksi Tri Yuliati, dan Alimah Azmi) atas kebersamaan, ilmu, dukungan, dan semangat selama penelitian.
9. Teman-teman Bluntly Squad (Tia Aulia, Dinisa Eka Putri, Siti Nur Aqidah, R. Deby Pristi Wulandari, Rizki Imani Prihatini, Anita Sulistia) atas kebersamaan, doa, kasih sayang, dukungan, dan bantuan selama studi penulis.
 10. Teman-teman Kimia angkatan 2014 atas kebersamaan dan ilmu selama studi penulis.
 11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan, saran, dan dukungan yang telah diberikan.

Penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan dan penyusunan naskah ini. Penulis berharap semoga naskah ini bermfaat bagi pembaca dalam mencari informasi yang dibutuhkan.



Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kobalt	4
2.2 <i>Trichoderma viride</i>	5
2.3 Biosorpsi Logam Berat	7
2.4 Penentuan Co(II) dengan Pereaksi Nitroso-R Menggunakan Spektrofotometer Sinar Tampak	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.2.1 Alat	11
3.2.2 Bahan	11
3.3 Tahapan Penelitian	11
3.4 Prosedur Penelitian	12
3.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Komplek Co(II)-Nitroso	12
3.4.2 Pembuatan Kurva Baku Co(II)	12
3.4.3 Pembuatan Media Padat	12
3.4.4 Peremajaan Biakan <i>Trichoderma viride</i>	13
3.4.5 Pembuatan Akudes Steril	13

3.4.6 Pembuatan Media Cair	13
3.4.7 Pembuatan Inokulum <i>Trichoderma viride</i>	14
3.4.8 Penentuan Pengaruh pH terhadap Biosorpsi Co(II)	14
3.4.9 Penentuan Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Co(II)	14
3.4.10 Penentuan Pengaruh Konsentrasi terhadap Biosorpsi Ion Co(II)	15
3.4.11 Penentuan gugus fungsi <i>Trichoderma viride</i> menggunakan FTIR	15
3.5 Analisis Data	16
3.5.1 Penentuan Persamaan Regresi Linier	16
3.5.2 Penentuan Konsentrasi Co(II)	17
3.5.3 Penentuan Persentase Biosorpsi	17
3.5.4 Kapasitas Biosorpsi	18
3.5.5 Uji F dengan Pola RAL pada Taraf Nyata 5%	18
3.5.5 Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Kurva Pertumbuhan <i>Trichoderma viride</i>	21
4.2 Pengaruh pH Larutan terhadap Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan <i>Trichoderma viride</i>	23
4.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan <i>Trichoderma viride</i>	26
4.4 Pengaruh Konsentrasi Biosorbat terhadap Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan <i>Trichoderma viride</i>	28
4.5 Perubahan Gugus Fungsi <i>Trichoderma viride</i> pada Proses Biosorpsi Co(II)	30
BAB V PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Analisis sidik ragam satu arah	19
Tabel 4.1	Analisis gugus fungsi <i>T.viride</i> sebelum dan sesudah biosorpsi Co(II)	31
Tabel D.1	Penentuan panjang gelombang maksimum Co(II)	55
Tabel E.1	Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Co(II) menggunakan spektrometri-20	57
Tabel F.1	Penentuan pH optimum	58
Tabel F.2	Penentuan waktu kontak optimum	62
Tabel F.3	Penentuan konsentrasi optimum	66
Tabel G.1	Analisis sidik ragam satu arah penentuan pH	71
Tabel G.2	Selisih rata-rata perlakuan pH	72
Tabel G.3	Analisis sidik ragam satu arah penentuan waktu kontak	74
Tabel G.4	Selisih rata-rata perlakuan waktu kontak	75
Tabel G.5	Analisis sidik ragam satu arah penentuan konsentrasi	76
Tabel G.6	Selisih rata-rata perlakuan konsentrasi	77
Tabel I.1	Hasil pengukuran pertumbuhan <i>T.viride</i>	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Trichoderma viride</i> yang berumur 6-7 hari	6
Gambar 2.2	Reaksi antara kobalt dengan garam nitroso-R	9
Gambar 2.3	Kurva Standar	10
Gambar 4.1	Pertumbuhan <i>T.viride</i> tanpa logam dan <i>T.viride</i> yang dikontakkan dengan logam Co(II)	21
Gambar 4.2	Hasil pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan <i>T.viride</i>	25
Gambar 4.3	Hasil pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan <i>T.viride</i>	27
Gambar 4.4	Hasil pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan <i>T.viride</i>	29
Gambar 4.5	Spektra FTIR sebelum dan sesudah proses biosorpsi Co(II) oleh <i>T.viride</i>	30
Gambar D.1	Spektrum cahaya tampak kompleks Co(II)-Nitroso R	56
Gambar E.1	Kurva standar Co(II)	57
Gambar I.1	Kurva pertumbuhan <i>T.viride</i> tanpa logam dan <i>T.viride</i> yang dikontakkan dengan logam	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Preparasi Larutan	41
A.1	Pembuatan Larutan Stok Co(II) 100,0 ppm dari CoCl ₂ .6H ₂ O Sebanyak 250,0 mL	41
A.2	A.2 Pembuatan Larutan Co(II) 10,0 ppm dari Larutan Stok Co(II) 100,0 ppm Sebanyak 250,0 mL	41
A.3	Pembuatan Larutan Nitroso-R 0,2% (w/v) Sebanyak 100 mL	41
A.4	Pembuatan Larutan Baku Co(II) dari Larutan Stok Co(II) 10,0 ppm	42
A.4.1	Pembuatan Larutan Baku Co(II) 5,0 ppm Sebanyak 100,0 mL	42
A.4.2	Pembuatan Larutan Baku Co(II) 4,0 ppm Sebanyak 100,0 mL	42
A.4.3	Pembuatan Larutan Baku Co(II) 3,0 ppm Sebanyak 100,0 mL	42
A.4.4	Pembuatan Larutan Baku Co(II) 2,0 ppm Sebanyak 100,0 mL	43
A.4.5	Pembuatan Larutan Baku Co(II) 1,0 ppm Sebanyak 100,0 mL	43
A.5	Pembuatan Variasi Konsentrasi Awal Co(II) dari Larutan Stok Co(II) 100,0 ppm	43
A.5.1	Pembuatan Larutan Co(II) 10,0 ppm Sebanyak 50,0 mL	43
A.5.2	Pembuatan Larutan Co(II) 15,0 ppm Sebanyak 50,0 mL	44
A.5.3	Pembuatan Larutan Co(II) 20,0 ppm Sebanyak 50,0 mL	44
A.5.4	Pembuatan Larutan Co(II) 25,0 ppm Sebanyak 50,0 mL	45
A.6	Pembuatan Akuades Steril Sebanyak 250,0 mL	45
A.7	Pembuatan Buffer Asetat 0,2 M pH 5 Sebanyak 250,0 mL	45

Lampiran B	Diagram Alir Penelitian	47
Lampiran C	Skema Kerja	49
C.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Komplek Co(II)-Nitroso-R Menggunakan Spektroskopik-20	49
C.2	Pembuatan Kurva Baku Co(II)	49
C.3	Pembuatan Media Padat	50
C.4	Peremajaan Biakan <i>Trichoderma viride</i>	50
C.5	Pembuatan Media Cair	51
C.6	Pembuatan Inokulum <i>Trichoderma viride</i>	51
C.7	Penentuan Pengaruh pH Larutan terhadap Biosorpsi Co(II)	52
C.8	Penentuan Pengaruh Lama Kontak terhadap Biosorpsi Co(II)	53
C.9	Penentuan Pengaruh Lama Kontak terhadap Biosorpsi Co(II)	54
Lampiran D	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Co(II)	55
Lampiran E	Kurva Standar Co(II)	57
Lampiran F	Data Pengukuran Co(II) Terabsorpsi	58
F.1	Penentuan Pengaruh pH Larutan terhadap Biosorpsi Co(II) Menggunakan <i>T.viride</i>	58
F.1.1	Perhitungan Konsentrasi Co(II) Setelah Biosorpsi	58
F.1.2	Perhitungan Persen Biosorpsi Co(II)	61
F.2	Penentuan Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Co(II) Menggunakan <i>T.viride</i>	62
F.2.1	Perhitungan Konsentrasi Co(II) Setelah Biosorpsi	62
F.2.2	Perhitungan Konsentrasi Co(II) Setelah Biosorpsi	65
F.3	Penentuan Pengaruh Konsentrasi Biosorbat terhadap Biosorpsi Co(II) Menggunakan <i>T.viride</i>	66
F.3.1	Perhitungan Konsentrasi Co(II) Setelah Biosorpsi	67
F.3.2	Perhitungan Persen Biosorpsi Co(II)	67

Lampiran G	Uji Statistika	70
G.1	Penentuan pH Optimum	70
G.1.1	Uji F	70
G.1.2	Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)	71
G.2	Penentuan Waktu Kontak Optimum	72
G.2.1	Uji F	72
G.2.2	Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)	74
G.3	Penentuan Konsentrasi Optimum	75
G.3.1	Uji F	75
G.3.2	Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)	77
Lampiran H	Perhitungan Kapasitas Biosorpsi Co(II)	78
Lampiran I	Perhitungan Kapasitas Biosorpsi Co(II)	79



DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Simbol/Singkatan	Keterangan
Co	: Kobalt
T.viride	: Trichoderma viride
pH	: potensial Hidrogen
DNA	: Deoxyribo Nucleic Acid
A	: Absorbansi
RAL	: Rancangan Acak Lengkap
FK	: Faktor Koreksi
JKT	: Jumlah Kuadrat Total
JKP	: Jumlah Kuadrat Perlakuan
JKG	: Jumlah Kuadrat Galat
KTP	: Kuadrat Tengah Perlakuan
KTG	: Kuadrat Tengah Galat
BNT	: Beda Nyata Terkecil
FT-IR	: Fourier Transform Infrared Spectroscopy
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin hari semakin mengalami peningkatan cukup pesat seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Menurut Badan Pusat Statistik bahwa pertumbuhan industri manufaktur besar hingga manufaktur mikro tahun 2017 mengalami kenaikan sebesar 4,74% dibandingkan tahun 2016 [1]. Meningkatnya industri tersebut memberikan peluang terhadap pencemaran lingkungan apabila industri tidak memiliki sistem perencanaan yang baik terutama dalam hal pengelolaan limbah. Salah satu pencemaran lingkungan akibat kegiatan industri adalah adanya logam berat di perairan.

Logam berat merupakan unsur yang memiliki berat atom antara 63,5 g/mol dan 200,6 g/mol, berat jenis lebih besar dari 5,0 g/cm³ serta sangat beracun bahkan pada konsentrasi rendah. Beberapa jenis logam berat antara lain Co, Cu, Fe, Mn, Zn, Sr, Cr, Cd, Pb, Hg, As [2]. Tidak seperti kontaminan organik, logam berat tidak dapat terurai secara alami dan cenderung terakumulasi dalam mikroorganisme, flora, dan fauna akuatik sehingga dapat masuk ke dalam rantai makanan manusia serta menyebabkan masalah kesehatan [3].

Kobalt (II) merupakan salah satu logam berat yang larut dalam air. Kobalt banyak ditemukan dalam air limbah dari kegiatan industri seperti metalurgi, pertambangan, cat, elektronik, dan pigmen [4]. Kobalt dalam jumlah kecil sangat penting bagi kesehatan manusia karena merupakan bagian dari vitamin B12. Namun, konsentrasi kobalt yang lebih tinggi dari 150 ppm atau lebih dapat menyebabkan kelumpuhan, diare, tekanan darah rendah, iritasi paru-paru dan cacat tulang [5]. Batas kobalt (II) yang diizinkan untuk air irigasi dan peternakan masing-masing adalah 0,05 dan 0,01 mg/L. Sedangkan batas yang diterima kobalt (II) dalam air minum adalah 0,002 mg/L [6]. Upaya penghilangan kobalt (II) dari perairan sangat penting dilakukan agar tidak menimbulkan dampak negatif.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghilangkan kobalt dari perairan. Sebagai contoh, presipitasi kimia digunakan

untuk menghilangkan kobalt pada konsentrasi lebih dari 158,13 ppm namun tidak efektif untuk konsentrasi rendah yaitu kurang dari 0,001 ppm. Sedangkan pertukaran ion, ekstraksi pelarut, dan elektrokimia umumnya efektif untuk konsentrasi rendah namun memerlukan biaya cukup besar dan menghasilkan lumpur beracun [7]. Metode adsorpsi banyak digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion logam dalam perairan dengan memanfaatkan biomassa atau bahan lainnya sebagai adsorben yang keberadaannya melimpah di alam. Salah satu metode adsorpsi menggunakan biosorben alami adalah biosorpsi. Metode ini merupakan metode paling efektif, efisien, biaya rendah, dan tidak menimbulkan racun.

Biosorpsi merupakan suatu metode yang didasarkan pada kemampuan mikroorganisme untuk mengadsorpsi berbagai logam dan menghilangkannya dari larutan air sehingga dapat digunakan dalam pemurnian logam berat dari limbah industri [8]. Biomaterial seperti jamur telah terbukti lebih efisien dan ekonomis untuk menghilangkan logam berat dari perairan [9]. Salah satu jamur yang dapat digunakan adalah *Trichoderma viride* (*T.viride*) karena adanya gugus amino pada jamur tersebut. Saat proses biosorpsi oleh jamur, terjadi perpindahan logam melewati membran sel menghasilkan akumulasi intraseluler yang bergantung pada metabolisme sel. Biosorpsi pada jamur ini hanya terjadi pada sel-sel hidup karena berkaitan dengan ketahanan mikroorganisme yang bereaksi dengan logam beracun [10].

Penelitian sebelumnya telah mengkaji *T.viride* mampu mengabsorpsi ion logam dalam larutan berair. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas biosorpsi *T.viride* sebesar 7,50 mg/g untuk Fe(II), 47,6 mg/g untuk Ni(II), dan 16,075 mg/g untuk Cr(VI) [11]–[13].

Sawyer dan Mc.Carty [14] menyatakan bahwa proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu luas permukaan, sifat adsorbat, konsentrasi adsorbat, pH larutan, waktu kontak, dan temperatur. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi biosorbat untuk menentukan kondisi optimum *T.viride* sebagai pengadsorpsi logam Co(II).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pH larutan terhadap kemampuan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*?
2. Bagaimana pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap kemampuan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Larutan sampel yang digunakan yaitu $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
2. Variasi pH larutan Co(II) yaitu 1, 2, 3, 4, 5, dan 6.
3. Variasi waktu kontak yaitu 12, 24, 30, 36, 42, dan 48 jam.
4. Variasi konsentrasi awal Co(II) yaitu 10,0; 15,0; 20,0; dan 25,0 ppm.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pH larutan terhadap kemampuan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*.
2. Mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap kemampuan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*.
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap kemampuan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh pH, lama kontak, dan konsentrasi pada proses biosorpsi logam Co(II) oleh *T.viride* serta dapat dijadikan sebagai metode alternatif dalam penanggulangan logam berat seperti logam Co.

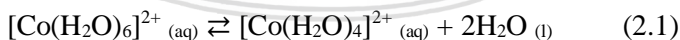
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kobalt

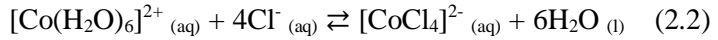
Kobalt adalah unsur kimia dengan simbol Co dan nomor atom 27 serta merupakan logam yang jarang ditemukan karena hanya merupakan produk samping dari logam-logam lain dalam bentuk campuran (*alloy*) terutama dalam penambangan nikel, perak dan tembaga. Keberadaan unsur kobalt di alam terdapat dalam bentuk senyawa seperti mineral kobalt glans (CoAsS), linalit (Co₃S₄), smaltit (CoAs₂), dan eritrit [15]. Logam kobalt berwarna perak-keputihan yang keras dengan titik leleh 1493 °C dan titik didih 3100 °C. Logam ini bersifat ferromagnetik pada suhu 1121 °C dan akan bergabung dengan C, P, dan S apabila dipanaskan [16].

Kobalt dalam larutan air terdapat sebagai ion kobalt (II) khususnya dalam bentuk kompleks dan ion kobalt (III). Kedua ion ini masing-masing diturunkan dari oksida CoO dan Co₂O₃. Oksida logam campuran kobalt (II) dan kobalt (III) yaitu Co₃O₄. Ion kobalt (III) tidak stabil tetapi kompleks-kompleksnya stabil baik dalam larutan maupun dalam bentuk kering. Kompleks-kompleks kobalt (II) dapat dioksidasi dengan mudah menjadi kompleks-kompleks kobalt (III) [17].

Kobalt (II) dapat membentuk garam terhidrat berwarna merah dan mengandung ion [Co(H₂O)₆]²⁺. Struktur kompleks Co(II) yang paling umum adalah oktahedral atau tetrahedral. Dalam air, terdapat konsentrasi kompleks tetrahedral yang sangat sedikit namun terbatas.



Penambahan OH⁻ pada larutan Co²⁺ menghasilkan Co(OH)₂ yang berwarna merah jambu atau biru tergantung kondisi. Larutan akan stabil jika berwarna merah jambu. Kobalt (II) bersifat amfoterik dan melarut dalam hidroksida pekat untuk menghasilkan larutan berwarna biru yang mengandung ion [Co(OH)₄]²⁻. Penambahan Cl⁻ berlebih pada larutan merah jambu dari ion akuo mudah menghasilkan kompleks tetrahedral berwarna biru.



Kompleks tetrahedral $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ dibentuk oleh ion-ion pseudo halida [16], [18].

Kegunaan utama kobalt adalah sebagai logam bebas untuk menghasilkan campuran yang berdaya guna tinggi yang memiliki stabilitas suhu untuk gas turbin dan pesawat terbang. Kobalt juga digunakan dalam pembuatan cat dan perhiasan. Kobalt memiliki pusat aktif dari koenzim yang disebut *cobalamine* dan merupakan logam essensial sebagai komponen dari vitamin B12 yang dibutuhkan dalam produksi sel-sel darah merah [15].

Kobalt dalam perairan tawar biasanya memiliki kadar $< 0,001$ mg/L, perairan di daerah pertambangan dan industri memiliki kadar kobalt antara $0,001$ - $0,01$ mg/L, sedangkan perairan laut memiliki kadar kobalt sangat rendah yaitu sekitar $0,0005$ mg/L. Perairan yang digunakan untuk kepentingan pertanian sebaiknya mempunyai ambang batas kadar kobalt tidak melebihi $0,05$ mg/L [19].

2.2 *Trichoderma viride*

T.viride adalah kapang berfilamen yang memproduksi spora secara seksual dengan cara mitosis. *T.viride* merupakan penghasil enzim selulase yang dibutuhkan untuk menghidrolisis selulosa [20]. Polimer ekstraseluler seperti polisakarida, protein, lipid, dan asam nukleat (DNA) dalam dinding sel *T.viride* dapat berperan sebagai zat penjerap logam-logam berat karena melibatkan gugus fungsi antara lain: amina ($-\text{NH}_2$), fosfat ($-\text{OPO}_3^{2-}$), karboksil ($-\text{COOH}$), hidroksil ($-\text{OH}$), karbonil ($-\text{CO}$) [21], [22]. Pusat aktif yang bermuatan negatif pada gugus fungsi akan berikatan dengan ion logam berat yang bermuatan positif membentuk suatu kompleks. *T.viride* merupakan jenis kapang yang paling banyak ditemui diantara genusnya, kelimpahan di alam tersebar luas dan hampir dapat ditemui di lahan-lahan pertanian, perkebunan serta bahan yang mengalami dekomposisi, mudah dan cepat di biakkan dalam jumlah besar tanpa menggunakan peralatan canggih dan bahan kimia mahal, tidak ada efek toksik, dan mempunyai kemampuan penyerapan yang tinggi

sehingga dapat berpotensi sebagai biosorben [23], [24]. Klasifikasi *T.viride* adalah sebagai berikut [20]:

Kingdom : Fungi
Filum : Ascomycota
Kelas : Sordariomycetes
Ordo : Hypocreales
Famili : Hypocreaceae
Genus : *Trichoderma*
Spesies : *Trichoderma viride*



Gambar 2.1: *Trichoderma viride* yang berumur 6-7 hari [25]

Koloni *T.viride* secara makroskopis pada usia 1-2 hari berwarna putih. Pertumbuhan koloni selanjutnya membentuk miselium yang tipis dan berubah menjadi hijau tua. Pertumbuhan koloni pada hari ke-5 masa inkubasi mencapai 5 cm. Secara mikroskopis, konidiofor bercabang seperti piramid dengan cabang pendek dan ber dinding halus, fialid ramping dan tidak beraturan, dan konidia berbentuk bulat dengan diameter 1,5 μm berwarna hijau tua [26]. Susunan sel *T.viride* yaitu berderet dan membentuk benang-benang halus yang disebut hifa. Hifa berbentuk pipih, bersekat, dan bercabang-cabang membentuk anyaman disebut miselium. Miselium tumbuh dengan cepat dan dapat memproduksi berjuta-juta spora [27].

Kelebihan *T.viride* dibandingkan dengan jenis kapang lainnya adalah dapat tumbuh cepat di berbagai substrat yang bersuhu 25-30 °C dan mampu berkembang biak meskipun kondisi pH asam (2,1-2,5). Suhu optimum pertumbuhan *T.viride* yaitu 32-35 °C dan pH 4 [25].

Jamur ini memiliki kemampuan menghasilkan metabolit sekunder dan tahan terhadap zat penghambat yang dihasilkan oleh mikroorganisme lain maupun zat fungisitas [28].

2.3 Biosorpsi Logam Berat

Biosorpsi merupakan proses penyerapan logam berat secara pasif oleh sel-sel mikroorganisme, biasanya adalah formasi organik kompleks-logam dengan penyusun dinding sel mikroorganisme, kapsul, atau polimer ekstraseluler yang disintesis dan diekskresikan oleh mikroorganisme tersebut [29]. Alga, bakteri, dan jamur telah terbukti memiliki potensial menjadi biosorben logam berat. Kelebihan biosorpsi dibandingkan metode lainnya adalah biaya yang diperlukan rendah, efisiensi tinggi, minimisasi lumpur biologis dan kimia, tidak ada kebutuhan nutrisi tambahan, dapat regenerasi biosorben, dan memungkinkan pemulihan logam [22]. Proses biosorpsi dapat terjadi dengan cara pengikatan antara logam berat dan biosorben yaitu pusat aktif yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel mikroorganisme digantikan oleh ion logam berat yang bermuatan positif [30]. Pengikatan ion logam terjadi karena adanya gugus-gugus fungsional bermuatan yang bertindak sebagai reseptor logam melalui ikatan ionik dan ikatan kovalen [23].

Mekanisme biosorpsi berdasarkan pengambilan logam berat dibedakan menjadi penangkapan pasif (*passive uptake*) dan penangkapan aktif (*active uptake*). *Passive uptake* terjadi ketika ion logam berat terikat pada dinding sel dengan dua cara yang berbeda yaitu pertukaran ion antara ion monovalent dan divalent seperti Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} pada dinding sel dengan ion logam berat dan pembentukan kompleks ion-ion logam berat dengan gugus fungsional pada dinding sel. Proses biosorpsi bersifat bolak-balik dan cepat yang dapat terjadi pada sel mati maupun sel hidup biomassa. Sedangkan *active uptake* terjadi pada sel hidup dan mekanisme biosorpsi seiring dengan konsumsi logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau akumulasi intraseluler ion logam. Biosorpsi logam berat dengan sel hidup terbatas karena dapat menyebabkan racun untuk mikroorganisme [23].

Biosorpsi logam berat menggunakan mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi sifat permukaan

mikroorganisme (biosorben) dan parameter fisiko-kimia seperti pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal logam. Faktor yang mempengaruhi biosorpsi [31]–[33]:

1. pH

Nilai pH dapat mempengaruhi interaksi kimia antara ion logam dengan gugus fungsional pada permukaan sel biomassa. Ikatan antara ion logam dengan gugus fungsi protein biomassa melibatkan penggantian proton sehingga nilai pH harus sesuai agar penyerapan dapat berlangsung optimum. Nilai pH yang berada diatas titik isoelektrik menyebabkan gugus fungsi pada permukaan sel biomassa seperti gugus karboksil, amino, dan fosfat bermuatan negatif. Sedangkan apabila nilai pH dibawah titik isoelektrik, muatan permukaan sel menjadi positif sehingga menghambat mendekatnya kation yang bermuatan positif. Begitu pula pH dibawah 3, logam berat cenderung membentuk ionik bebas dengan lebih banyak proton yang tersedia pada situs pengikatan sehingga konsentrasi ion hidrogen lebih tinggi dan permukaan biosorben bermuatan positif akibatnya mengurangi daya tarik antara biosorben dengan kation logam. Apabila pH diatas 7, penyerapan tidak efektif karena terjadi presipitasi sehingga pH optimum proses biosorpsi terjadi pada rentang pH 3-5.

2. Waktu kontak

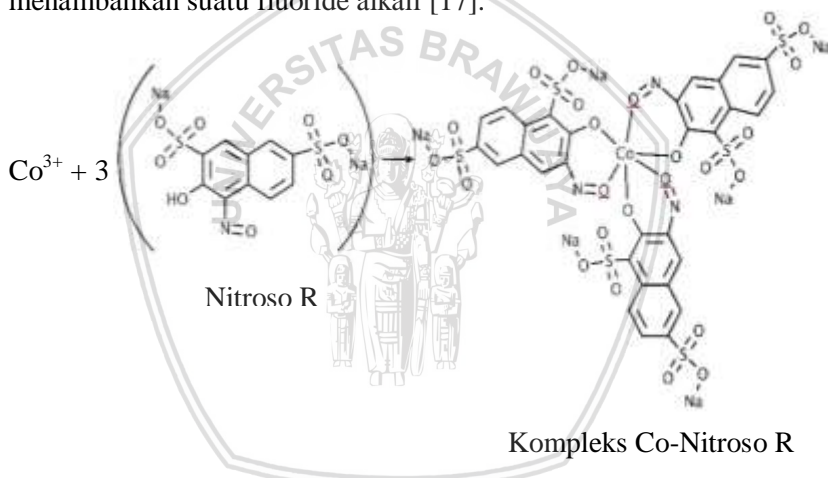
Biosorpsi akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak hingga mencapai titik kesetimbangan atau optimum. Setelah mencapai titik kesetimbangan, kemampuan biomassa dalam mengikat logam akan menurun karena permukaan dinding sel mengalami kejenuhan.

3. Konsentrasi awal logam

Biosorpsi akan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi logam hingga mengalami kejenuhan. Konsentrasi awal logam berperan dalam mengatasi transfer massa ion dan efisiensi penyerapan. Kapasitas biomassa dalam menyerap ion logam meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi logam. Namun, konsentrasi logam awal yang tinggi menyebabkan efisiensi presentase penyerapan logam berkurang. Sedangkan, konsentrasi awal logam yang rendah mampu meningkatkan interaksi antara ion logam dengan pengikat sehingga efisiensi penyerapan menjadi optimal.

1.4 Penentuan Co(II) dengan Pereaksi Nitroso-R Menggunakan Spektrofotometer Sinar Tampak

Pereaksi pengompleks yang dapat digunakan dalam penentuan Co(II) adalah garam nitroso-R. Garam nitroso-R memiliki rumus kimia garam 1-nitroso-2-hidroksinaftalena-3,6-disulfonat dan massa molar sebesar 377,27 g/mol [34]. Garam nitroso-R merupakan turunan dari 1-nitroso-2-naftol. Gugus sulfonat dalam molekul garam nitroso-R membuat kompleks kobalt larut dalam air tetapi tidak larut dalam pelarut non polar. Oleh karena itu, garam nitroso-R digunakan untuk menentukan kobalt secara spektrofotometri dalam larutan berair. Reaksi kobalt dengan garam nitroso-R dilakukan dalam kondisi asam yang disangga menggunakan natrium asetat [35]. Gangguan logam lain seperti nikel, timah, dan besi dapat dihilangkan dengan menambahkan suatu fluoride alkali [17].



Gambar 2.2: Reaksi antara kobalt dengan garam nitroso-R [36]

Saat kondisi larutan asam (pH 4), Co(II) dioksidasi menjadi Co(III) dan pereaksi berwarna kuning sedangkan kompleksnya berwarna merah. Absorbansi larutan kompleks Co(III) diukur dengan sensitivitas tinggi pada 415-425 nm atau dengan sensitivitas rendah pada 500-520 nm [35].

Spektrofotometri sinar tampak merupakan metode pengukuran berdasarkan absorpsi cahaya pada panjang gelombang 380-780 nm melalui suatu larutan yang akan ditentukan konsentrasinya. Elektron-elektron akan bertransisi dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi. Prinsip kerja dari metode ini mengikuti Hukum Lambert-Beer yaitu jumlah cahaya yang diabsorpsi oleh larutan sebanding dengan konsentrasi larutan yang dijabarkan berdasarkan persamaan berikut [37]:

$$A = \log (I_{in}/I_{out}) = (1/T) = \epsilon \times b \times C \quad (2.3)$$

Keterangan:

A = Absorbansi

I_{in} = Intensitas cahaya yang masuk

I_{out} = Intensitas cahaya yang keluar

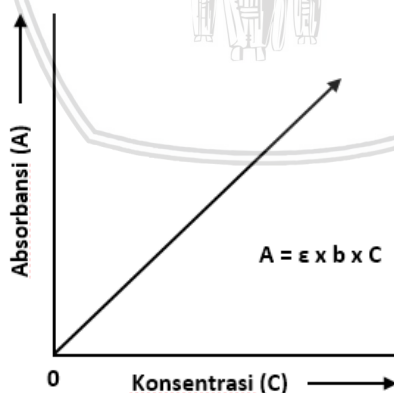
T = Transmittansi

ϵ = absorptivitas molar

b = tebal kuvet

C = konsentrasi pada suatu bahan yang mengabsorpsi

Apabila absorbansi (A) dialurkan terhadap konsentrasi (C) yang tebalnya (b), maka akan menghasilkan suatu garis lurus dalam daerah Hukum Lambert-Beer berlaku [38]. Kurva standar yang memenuhi Hukum Lambert-Beer dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3: Kurva standar [38]

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga April 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas laboratorium, pengaduk, botol semprot, bola hisap, rak tabung reaksi, pengaduk magnet, jarum ose, kasa, aluminium foil, laminar *air flow*, autoklaf merk LS-C35L, bunsen, inkubator merk Heraeus Type B 5042, pengocok merk Edmund Buhler SM 2524B, pemanas listrik, neraca analitik Mettler AE 25, spektroskopik-20, pHmeter merk Schott-Gerate tipe CG 820.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel kapang *Trichoderma viride* yang diperoleh dari Laboratorium Universitas Negeri Malang, akuades, kentang, kapas, kertas coklat, karet, dekstrosa, agar, pepton, KH_2PO_4 , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, asam oleat p.a, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, garam Nitrozo R, CH_3COONa , HCl 12,06 M (37%, $\text{bj}=1,19 \text{ g/mL}$), HNO_3 14,34 M (65%, $\text{bj}=1,39 \text{ g/mL}$).

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Penentuan panjang gelombang maksimum Co(II)
2. Pembuatan kurva baku Co(II)
3. Pembuatan media padat
4. Peremajaan biakan *Trichoderma viride*
5. Pembuatan aquades steril
6. Pembuatan media cair

7. Pembuatan inokulum *Trichoderma viride*
8. Penentuan pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi Co(II)
9. Penentuan pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi Co(II)
10. Penentuan pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap biosorpsi Co(II)
11. Analisis data

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan panjang gelombang maksimum kompleks Co(II)-nitroso R

Larutan Co(II) 3,0 ppm diambil sebanyak 10,0 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya diukur pH larutan menjadi pH 5,5 dan ditambahkan 2,0 mL larutan garam nitroso-R 0,2%. Setelah itu, dipindahkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditanda bataskan menggunakan akuades [39]. Kemudian diukur absorbansi dengan spektrometri-20 pada panjang gelombang 400-600 nm. Perlakuan ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.

3.4.2 Pembuatan kurva baku Co(II)

Larutan yang digunakan sebagai kurva baku Co(II) adalah larutan Co(II) 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; dan 5,0 ppm. Larutan Co(II) diambil masing-masing sebanyak 10,0 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya diukur pH larutan menjadi pH 5,5 dan ditambahkan 2,0 mL larutan garam nitroso-R 0,2%. Setelah itu, dipindahkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditanda bataskan menggunakan akuades [39]. Diukur absorbansinya menggunakan spektrometri-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari **3.4.1**. Kurva baku dibuat berdasarkan hubungan konsentrasi Co(II) pada sumbu X dan absorbansi pada sumbu Y.

3.4.3 Pembuatan media padat

Media padat yang digunakan yaitu Agar Dekstrosa Kentang (PDA). Media padat PDA dibuat dari 20,0 g kentang yang telah dikupas, dicuci, dan diiris kecil-kecil ditambahkan akuades hingga 100,0 mL dan dipanaskan hingga mendidih selama 1 jam. Saat pemanasan ditambahkan akuades agar volume tetap 100,0 mL. Kemudian disaring

sehingga diperoleh ekstrak kentang. Ekstrak kentang ditambahkan 2,0 g dekstrosa, 1,0 mL penyangga asetat pH 5, dan 1,5 g agar lalu dipanaskan hingga mendidih sambil diaduk. Setelah itu, larutan PDA diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditutup dengan kapas yang dibungkus dengan kasa, dilapisi kertas coklat dan diikat dengan karet. Larutan PDA disterilkan dalam autoklaf pada temperatur 121 °C dengan tekanan 15 psi selama 15 menit. Larutan PDA yang telah steril dikeluarkan dari autoklaf dan didinginkan pada temperatur ruang dengan posisi miring selama 24 jam [40].

3.4.4 Peremajaan biakan *Trichoderma viride*

Peremajaan biakan *Trichoderma viride* dilakukan di dalam laminar *air flow* yang telah disterilkan dengan alkohol. Jarum ose yang telah direndam alkohol, mulut tabung biakan *Trichoderma viride*, dan mulut tabung media padat dilewatkan pada nyala api bunsen. Spora *Trichoderma viride* sebanyak satu mata ose dipindahkan secara aseptis ke dalam media padat yang diperoleh dari 3.4.3. Tabung media padat ditutup dengan kapas yang dibungkus kasa, dilapisi kertas coklat, dan diikat dengan karet. Setelah itu, diinkubasi selama 6 hari (144 jam) pada temperatur 30°C [40].

3.4.5 Pembuatan akudes steril

Sebanyak 250,0 mL akuades dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Erlenmeyer ditutup dengan kapas yang dibungkus dengan kasa, dilapisi kertas coklat dan diikat dengan karet. Kemudian, disterilkan dalam autoklaf pada temperatur 121 °C dengan tekanan 15 psi selama 15 menit [40].

3.4.6 Pembuatan media cair

Media cair dibuat dari 0,25 g pepton, 0,1 g KH_2PO_4 , 0,2 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,7 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,15 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 0,5 mL asam oleat. Semua bahan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL lalu ditambahkan 1,0 mL penyangga asetat pH 5 dan akuades hingga volume 250,0 mL. Kemudian dididihkan dan diaduk dengan pengaduk magnet. Media cair ditutup dengan kapas yang dibungkus kasa, dilapisi kertas coklat, dan diikat dengan karet. Setelah itu, disterilkan

repository.ub.ac.id

dalam autoklaf pada temperatur 121 °C dengan tekanan 15 psi selama 15 menit [40].

3.4.7 Pembuatan inokulum *Trichoderma viride*

Pembuatan inokulum dilakukan di dalam laminar *air flow* dengan cara spora hasil dari biakan *Trichoderma viride* yang telah berumur enam hari disuspensikan ke dalam 1 mL aquades steril yang diperoleh dari 3.4.5 dan diinokulasikan ke dalam 250,0 mL media cair yang diperoleh dari 3.4.6. Jumlah *Trichoderma viride* yang diinokulasikan ke dalam media cair sebanyak 3 tabung. Kemudian, dikocok selama 36 jam [40].

3.4.8 Penentuan pengaruh pH terhadap biosorpsi Co(II)

Seperuluh mili larutan Co(II) 20,0 ppm dengan pH masing-masing 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 dikontakkan ke dalam 20,0 mL inokulum dan di kocok selama 36 jam. Larutan yang telah di kocok selanjutnya disaring dan diambil filtratnya sebanyak 10,0 mL. Larutan dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya diukur pH larutan menjadi pH 5,5 dan ditambahkan 2,0 mL larutan garam nitroso R 0,2%. Setelah itu, dipindahkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditanda bataskan menggunakan akuades [39]. Diukur absorbansinya menggunakan spektrometri-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari 3.4.1. Data yang diperoleh berupa absorbansi kemudian ditentukan konsentrasi setelah biosorpsi berdasarkan persamaan kurva baku hasil 3.4.2 dan dihitung persentase biosorpsi Co(II). Perlakuan diatas dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk masing-masing variasi pH. Hasil dari tahapan ini akan diperoleh kurva hubungan antara pH larutan Co(II) dengan persentase biosorpsi Co(II).

3.4.9 Penentuan pengaruh waktu kontak terhadap Biosorpsi Co(II)

Seperuluh mili Larutan Co(II) 20,0 ppm pada pH optimum yang diperoleh dari 3.4.8 dikontakkan ke dalam masing-masing 20,0 mL inokulum dan di kocok selama 12, 24, 30, 36, 42, dan 48 jam. Larutan yang telah di kocok selanjutnya disaring dan diambil filtratnya

sebanyak 10,0 mL. Larutan dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya diukur pH larutan menjadi pH 5,5 dan ditambahkan 2,0 mL larutan garam nitroso R 0,2%. Setelah itu, dipindahkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditanda bataskan menggunakan akuades [39]. Diukur absorbansinya menggunakan spektrometrik-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari 3.4.1. Data yang diperoleh berupa absorbansi kemudian ditentukan konsentrasi setelah biosorpsi berdasarkan persamaan kurva baku hasil 3.4.2 dan dihitung persentase biosorpsi Co(II). Perlakuan diatas dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk masing-masing variasi waktu kontak. Hasil dari tahapan ini akan diperoleh kurva hubungan antara waktu kontak dengan persentase biosorpsi Co(II).

3.4.10 Penentuan pengaruh konsentrasi terhadap biosorpsi Co(II)

Sepuluh mili Larutan Co(II) masing-masing 10,0; 15,0; 20,0; dan 25,0 ppm diatur pada pH optimum yang diperoleh dari 3.4.8. Setelah itu, dikontakkan ke dalam masing-masing 20,0 mL inokulum dan di kocok sesuai waktu kontak optimum yang diperoleh dari 3.4.9. Larutan yang telah di kocok selanjutnya disaring dan diambil filtratnya sebanyak 10,0 mL. Larutan dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Selanjutnya diukur pH larutan menjadi pH 5,5 dan ditambahkan 2,0 mL larutan garam nitroso R 0,2%. Setelah itu, dipindahkan ke dalam labu ukur 25 mL dan ditanda bataskan menggunakan akuades [39]. Diukur absorbansinya menggunakan spektrometrik-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari 3.4.1. Data yang diperoleh berupa absorbansi kemudian ditentukan konsentrasi setelah biosorpsi berdasarkan persamaan kurva baku hasil 3.4.2 dan dihitung persentase biosorpsi Co(II). Perlakuan diatas dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk masing-masing variasi konsentrasi. Hasil dari tahapan ini akan diperoleh kurva hubungan antara konsentrasi awal larutan Co(II) dengan persentase biosorpsi Co(II).

3.4.11 Penentuan gugus fungsi *Trichoderma viride* menggunakan FTIR

Sampel yang digunakan adalah endapan *T.viride* yang tidak dikontakkan dengan logam Co(II) dan endapan *T.viride* yang telah

mengabsorpsi Co(II) dalam kondisi optimum (pH 4, waktu kontak 30 jam, dan konsentrasi awal Co(II) yaitu 20,0 ppm). Sampel dikeringkan kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR. Sebelum di karakterisasi, endapan *T.viride* yang telah kering digerus dalam mortar kecil bersama kristal KBr kering dalam jumlah sedikit (0,5 sampai 2,0 mg endapan *T.viride* ditambah 100,0 mg KBr kering). Campuran yang telah homogen kemudian dibuat pellet KBr dengan dipres diantara dua skrup memakai kunci, kemudian kedua skrupnya dibuka dan band yang berisi tablet cuplikan tipis diletakkan di tempat sel spektrofotometer inframerah dengan lubang mengarah ke sumber radiasi [41]. Selanjutnya di lakukan pengukuran dengan alat FTIR dan mengamati puncak-puncak yang terbentuk.

3.5 Analisis Data

Berdasarkan perlakuan yang dilakukan akan diperoleh data berupa absorbansi terhadap konsentrasi. Nilai absorbansi tersebut digunakan untuk mengetahui konsentrasi Co(II) sebelum dan setelah biosorpsi sehingga persentase biosorpsi Co(II) dapat diketahui. Selanjutnya, dianalisis dengan uji F menggunakan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan taraf nyata 5% untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan pengaruh dari tiap perlakuan. Apabila terdapat perbedaan, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan beda nyata dan tidak beda nyata.

3.5.1 Penentuan persamaan regresi linier

Penentuan persamaan regresi linier digunakan untuk membuat kurva baku Co(II) yaitu menggunakan hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi. Persamaan yang digunakan sebagai berikut [42]:

$$y = ax \quad (3.1)$$

keterangan:

y = absorbansi

a = *slope*

x = konsentrasi

Nilai a dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [42]:

$$a = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (3.2)$$

Koefisien korelasi ditentukan dengan persamaan berikut [42]:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (3.3)$$

3.5.2 Penentuan konsentrasi Co(II)

Konsentrasi Co(II) didasarkan pada nilai absorbansi yaitu semakin besar nilai absorbansi yang terukur maka semakin besar juga konsentrasi Co(II). Konsentrasi Co(II) sebelum dan setelah biosorpsi dapat ditentukan menggunakan persamaan kurva baku sebagai berikut [42]:

$$y = ax \quad (3.4)$$

Dimana x adalah konsentrasi Co(II) dengan satuan mg/L dan y adalah absorbansi Co(II) yang terukur maka:

$$x = \frac{y}{a} \quad (3.5)$$

3.5.3 Penentuan persentase biosorpsi

Persentase biosorpsi Co(II) ditentukan dengan persamaan [5]:

$$\%Biosorpsi \text{ Co(II)} = \frac{(C_o - C_s)}{C_o} \times 100\% \quad (3.6)$$

dimana:

C_o = konsentrasi Co(II) sebelum biosorpsi (mg/L)

C_s = konsentrasi Co(II) setelah biosorpsi (mg/L)

3.5.4 Kapasitas biosorpsi

Jumlah Co(II) yang terabsorpsi dapat dihitung dengan persamaan [13]:

$$q = \frac{(C_o - C_s) V}{w} \quad (3.7)$$

dimana:

q = kumlah Co(II) terabsorpsi (mg/koloni)

C_o = konsentrasi Co(II) sebelum biosorpsi (mg/L)

C_s = konsentrasi Co(II) setelah biosorpsi (mg/L)

V = volume larutan total Co(II) (L)

w = berat biosorben (koloni)

3.5.5 Uji F dengan pola RAL pada taraf nyata 5%

Sebelum dilakukan uji F, dibuat hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) sebagai berikut:

H_0 : tidak ada perbedaan pengaruh dari tiap perlakuan terhadap biosorpsi Co(II)

H_1 : terdapat minimal 1 perlakuan yang mempengaruhi biosorpsi Co(II)

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, berarti terdapat perbedaan nyata perlakuan dan dapat dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima, berarti tidak terdapat perbedaan nyata perlakuan dan uji BNT tidak dilakukan. Langkah-langkah untuk melakukan uji F yaitu [43]:

1. Menghitung Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{(\sum x_{total})^2}{p \times n} \quad (3.8)$$

2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK)

- a. JK Total (JKT)

$$JKT = \sum (X_{ij})^2 - FK \quad (3.9)$$

- b. JK Perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{(\sum x_1)^2 + (\sum x_2)^2 + (\sum x_3)^2 + \dots}{n} - FK \quad (3.10)$$

c. JK Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \quad (3.11)$$

3. Menghitung Kuadrat Tengah (KT) setiap sumber keragaman

a. KT Perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{p-1} \quad (3.12)$$

b. KT Galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{p(n-1)} \quad (3.13)$$

4. Menghitung nilai F

$$F \text{ hitung perlakuan} = \frac{KTP}{KTG} \quad (3.14)$$

Setelah semua selesai dihitung, dapat dibuat tabel analisis seperti yang tampak pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1: Analisis sidik ragam satu arah

Sumber Keragaman	df	JK	KT	F hitung	F tabel
Perlakuan	p-1	JKP	KTP	$\frac{KTP}{KTG}$	Tabel F
Galat	p(n-1)	JKG	KTG		

Keterangan:

p = banyak perlakuan

n = banyak ulangan

dB = derajat bebas

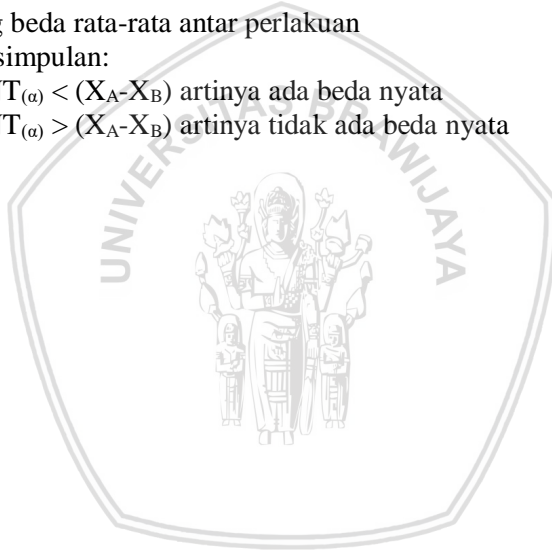
3.5.5 Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Langkah-langkah untuk melakukan uji BNT yaitu [43]:

1. Menentukan BNT

$$BNT_{5\%} = t_{(0,05,n)} \sqrt{KTG \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)} \quad (3.15)$$

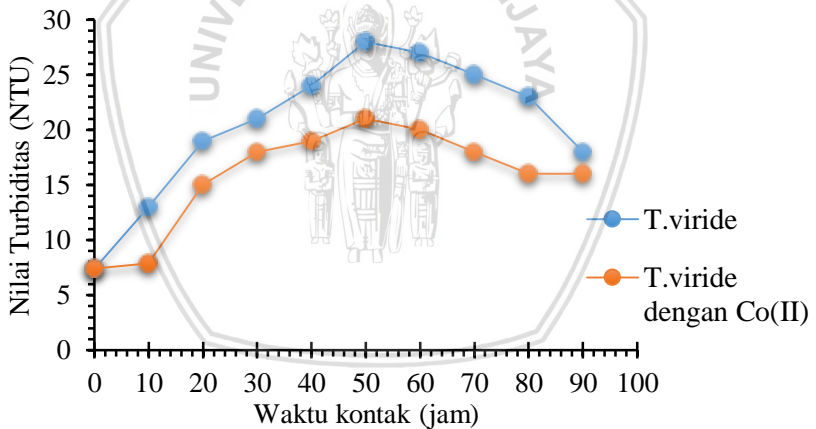
2. Menghitung beda rata-rata antar perlakuan
3. Menarik kesimpulan:
 - a. Jika $BNT_{(\alpha)} < (X_A - X_B)$ artinya ada beda nyata
 - b. Jika $BNT_{(\alpha)} > (X_A - X_B)$ artinya tidak ada beda nyata



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kurva Pertumbuhan *Trichoderma viride*

Kapang *T.viride* tergolong sebagai mikroorganisme yang bersifat mesofilik sehingga dapat tumbuh baik pada suhu kamar yaitu 35-37 °C [51]. Pertumbuhan *T.viride* dapat dilihat dari hasil pengukuran menggunakan turbidimeter setiap 10 jam. Kurva pertumbuhan *T.viride* tanpa logam dan *T.viride* yang dikontakkan dengan logam Co(II) ditunjukkan pada **Gambar 4.1**. Media cair sebagai sumber nutrisi yang diperlukan oleh jamur dalam pembentukan sel dikontakkan dengan *T.viride* kemudian dilakukan pengocokan sampai jam ke-90. Kurva pertumbuhan *T.viride* digunakan sebagai dasar dalam penentuan waktu kontak pada penentuan pengaruh pH larutan dan konsentrasi adorbat. Waktu kontak yang digunakan adalah 36 jam karena merupakan setengah fase log dari pertumbuhan *T.viride*.



Gambar 4.1: Pertumbuhan *T.viride* tanpa logam dan *T.viride* yang dikontakkan dengan logam Co(II)

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa baik *T.viride* tanpa logam maupun *T.viride* yang dikontakkan dengan logam Co(II) terus mengalami pertumbuhan dalam media cair seiring bertambahnya waktu hingga jam ke-50 kemudian mengalami penurunan hingga jam

ke-90. Taolin [52] melaporkan bahwa *T.viride* mengalami pertumbuhan yang terus meningkat pada jam ke-10 hingga jam ke-70 dan mulai menurun pada jam ke-80 hingga jam ke-90. Menurut Pagarra [53], tahapan pertumbuhan sel jamur dibedakan menjadi beberapa fase, yaitu fase lag, fase akselerasi, fase eksponensial, fase deselerasi, fase stasioner, dan fase kematian.

Kurva hubungan antara nilai NTU dengan waktu kontak memperlihatkan beberapa fase, antara lain pada jam ke-0 merupakan fase lag yaitu sel akan melakukan proses adaptasi dan tidak terjadi pertumbuhan sel, waktu kontak 0 hingga 20 jam merupakan fase pertumbuhan dipercepat. *T.viride* telah dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya dan sel mulai membelah diri pada fase ini karena *T.viride* sudah dapat menggunakan nutrisi dalam media pertumbuhannya sehingga kurva pertumbuhan naik. Kenaikan kurva juga terjadi pada jam ke-20 hingga ke-50 merupakan fase perbanyakan atau eksponensial. Fase ini merupakan fase pertumbuhan *T.viride* optimum yaitu tercapai pada jam ke-50. Menurut Purwoko [54], pada fase eksponensial sel melakukan konsumsi nutrient dan proses fisiologis serta produk senyawa yang diinginkan seperti asam amino, asam laktat, asam lemak, dan asam organik lainnya mulai terbentuk.

Penurunan nilai NTU pada jam ke-50 sampai ke-80 menunjukkan *T.viride* berada dalam fase deselerasi atau fase perlambatan pertumbuhan. Penurunan terjadi karena nutrisi dalam media cair sudah sangat berkurang dan adanya hasil metabolisme yang mungkin menghambat pertumbuhan *T.viride*. Fase deselerasi yaitu waktu sel-sel mulai kurang aktif membelah [55]. Pertumbuhan *T.viride* yang dikontakkan dengan logam Co(II) pada jam ke-80 hingga ke-90 terjadi fase stasioner. Hal ini dilihat dari nilai NTU yang tidak mengalami perubahan artinya tidak ada pertumbuhan karena nutrisi pada media cair telah habis. Nilai NTU pada kurva pertumbuhan *T.viride* lebih tinggi dibandingkan dengan kurva pertumbuhan *T.viride* yang dikontakkan dengan logam Co(II). Hal ini menandakan bahwa adanya logam Co(II) dapat menghambat pertumbuhan *T.viride* dan kemungkinan akan lebih cepat mengalami kejenuhan.

4.2 Pengaruh pH Larutan terhadap Biosorpsi Logam Co(II)

Menggunakan *Trichoderma viride*

Penelitian ini mengkaji pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*. Variasi pH yang dipelajari adalah pH 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Kondisi yang digunakan adalah dilakukan pada suhu kamar, waktu biosorpsi selama 36 jam, konsentrasi awal Co(II) yaitu 20,0 ppm, dan jumlah inokulum sebanyak 20,0 mL. Setiap 10,0 mL inokulum mengandung $1,37 \times 10^6$ koloni *T.viride* [21].

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu faktor yang paling penting untuk penyerapan, sangat mempengaruhi spesiasi, mengubah aktivitas situs pengikatan dan mempengaruhi jenis ion dalam larutan [11]. Biosorpsi logam pada pH rendah dapat terhambat karena jumlah ion H^+ meningkat. Hadirnya ion H^+ dalam larutan menyebabkan terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam terhadap gugus fungsi biomassa. Gugus fungsi biomassa akan mengalami protonasi dan memiliki muatan positif, akibatnya interaksi logam akan terhambat dan terjadi tolak menolak dengan gugus fungsi. Peningkatan pH menyebabkan jumlah ion H^+ menurun dan kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam juga semakin berkurang. Biomassa akan mengalami deprotonasi dan kepadatan muatan negatif pada permukaan sel meningkat, akibatnya akan meningkatkan daya tarik logam untuk berikatan dengan biomassa [21],[44].

Biosorpsi Co(II) oleh *T.viride* pada **Gambar 4.2** mengalami peningkatan dari pH 1 hingga mencapai maksimum yaitu pH 4. Persen Co(II) yang terabsorpsi pada pH 4 adalah 98,58%. Persen Co(II) yang terabsorpsi mengalami penurunan pada pH 5 dan 6 masing-masing yaitu 97,60% dan 94,30%. Hal tersebut disebabkan oleh keberadaan ion H^+ dalam larutan. Konsentrasi proton (H^+) tinggi terjadi pada pH rendah (pH 1 dan pH 2). Gugus aktif biomassa yaitu gugus karboksilat akan mengalami protonasi ($-COOH$), akibatnya logam Co(II) yang akan berikatan dengan permukaan sel *T.viride* menjadi terhambat. Hal ini dapat dilihat dari persen Co(II) yang terabsorpsi hanya 55% pada pH 1 dan 85,3% pada pH 2. Menurut Feng [45], biosorpsi minimum pada pH rendah disebabkan oleh konsentrasi larutan tinggi dan mobilitas ion H^+ tinggi mengakibatkan penyerapan

ion H^+ lebih disukai daripada ion logam. Abdel-Ghani [46] melaporkan bahwa dalam larutan yang sangat asam ($pH \approx 2$) penghilangan ion logam hampir dapat diabaikan dan penyerapan akan meningkat seiring meningkatnya pH larutan hingga batas tertentu.

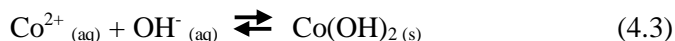
Konsentrasi proton (H^+) mulai berkurang pada pH 3 dan 4. Gugus aktif biomassa akan mengalami deprotonasi yang menghasilkan gugus karboksilat bermuatan negatif ($-COO^-$). Adanya muatan negatif dari gugus karboksilat akan mempermudah logam $Co(II)$ yang bermuatan positif untuk berikatan hingga diperoleh biosorpsi optimum. Hal ini ditunjukkan pada pH 3 dan 4 jumlah $Co(II)$ yang terabsorpsi semakin mengalami peningkatan.



Jumlah $Co(II)$ yang terabsorpsi pada pH 5 dan 6 menurun karena ion logam $Co(II)$ pada pH tinggi cenderung terhidrolisis dan menghasilkan proton $Co(OH)^+$. Perubahan bentuk dari ion logam $Co(II)$ menjadi $Co(OH)^+$ menyebabkan interaksi antara ion logam $Co(II)$ dengan gugus fungsi menjadi lemah meskipun $Co(OH)^+$ larut dalam larutan. Ziagova [47] menyatakan bahwa ion logam dalam larutan mengalami hidrolisis ketika pH meningkat yang melibatkan pembentukan spesies monomer hidroksilasi.

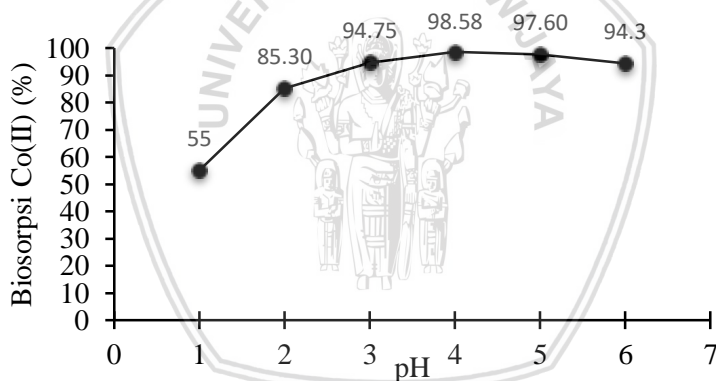


Pengendapan terjadi ketika ion logam $Co(II)$ mulai berikatan dengan OH^- membentuk endapan $Co(OH)_2$ sehingga kemampuan *T. viride* untuk biosorpsi menurun. $Co(OH)_2$ memiliki harga hasilkali kelarutan sebesar $1,6 \times 10^{-18}$. Hasilkali kelarutan ini dapat digunakan untuk memprediksi pH (minimum) yang diperlukan untuk pengendapan suatu hidroksida logam. $Co(OH)_2$ akan mulai mengendap pada pH 6,6 dan akan mengendap sempurna pada pH 8,2 [17].



Pengaruh pH terhadap proses biosorpsi juga dapat dijelaskan melalui titik isoelektrik pada permukaan sel biomassa. Ahmaruzzaman [48] menyatakan bahwa pH dibawah titik isoelektrik, ion logam dominan bermuatan positif (M^{2+} dan $M(OH)^+$) sehingga penyerapan logam pada pH dibawah titik isoelektrik melalui proses pertukaran ion $H^+ - M^{2+}$ atau $H^+ - M(OH)^+$. Penyerapan logam terus meningkat selama spesi logam masih bermuatan positif atau netral meskipun pH diatas titik isoelektrik. Penyerapan logam akan turun secara signifikan ketika permukaan biomassa dan logam menjadi negatif.

Aspek lain yang dapat mempengaruhi pH larutan terhadap biosorpsi Co(II) adalah spesi logam dalam larutan. Spesi Co(II) pada pH kurang dari 6 adalah sebagai Co^{2+} sementara mendekati netral sebagai Co^{2+} dan $Co(OH)^+$. Spesi $Co(OH)_2$ ketika kobalt mengendap terjadi pada pH lebih dari 8. pH basa akan menghasilkan spesi $Co(OH)_3^-$.



Gambar 4.2: Hasil pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*

Analisis data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada (Lampiran G.1.1) dengan taraf beda nyata 5% menunjukkan nilai F_{hitung} (1538,36) lebih besar dari nilai F_{tabel} (4,39). Hal ini menunjukkan bahwa pH berpengaruh terhadap biosorpsi logam Co(II) oleh *T.viride*

sehingga dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Tabel pada (Lampiran G.1.2) menunjukkan hasil yang didapatkan berbeda nyata, kecuali antara pH 4 dengan pH 5 tidak berbeda nyata sehingga dapat disimpulkan bahwa pH optimum biosorpsi logam Co(II) oleh *T.viride* adalah pH 4.

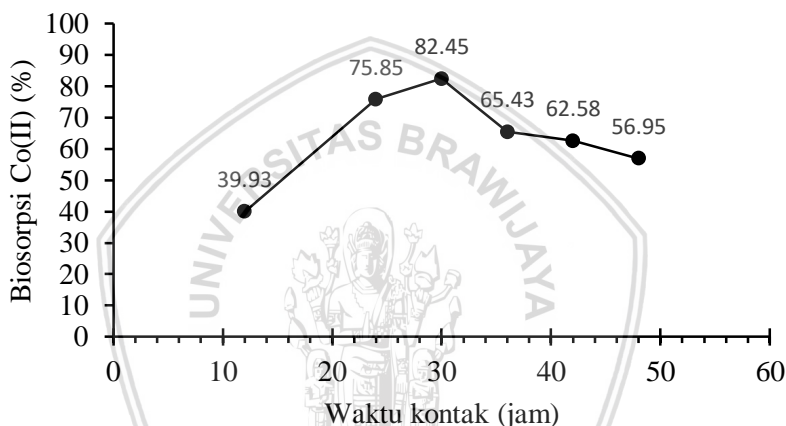
4.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan *Trichoderma viride*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui waktu tercapainya kesetimbangan biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*. Waktu kesetimbangan biosorpsi menunjukkan proses absorpsi-desorpsi terjadi setelah kejenuhan ion logam pada permukaan biomassa [31]. Variasi waktu kontak yang dipelajari adalah 12, 24, 30, 36, 42, dan 48 jam. Kondisi yang digunakan adalah dilakukan pada suhu kamar, pH larutan Co(II) yaitu 4, konsentrasi awal Co(II) yaitu 20,0 ppm, dan jumlah inokulum sebanyak 20,0 mL. Setiap 10,0 mL inokulum mengandung $1,37 \times 10^6$ koloni *T.viride* [21].

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa biosorpsi Co(II) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu biosorpsi hingga jam ke-30 dan terjadi penurunan jumlah Co(II) yang terabsorpsi hingga jam ke-48. Hasil biosorpsi yang dilakukan selama 12 jam dapat mengabsorpsi Co(II) sebanyak 39,93%, kemudian sebanyak 75,85% selama 24 jam, dan 82,45% selama 30 jam. Waktu 36, 42, dan 48 jam mengalami penurunan Co(II) yang terabsorpsi yaitu 65,43%, 62,58%, dan 56,95%.

Peningkatan biosorpsi Co(II) disebabkan oleh laju biosorpsi lebih besar dibandingkan dengan laju desorpsi. Jumlah *T.viride* yang tumbuh semakin banyak sehingga situs aktif pada gugus fungsi biomassa yang digunakan untuk berikatan dengan logam Co(II) juga akan semakin banyak, akibatnya jumlah Co(II) yang terabsorpsi meningkat. Penyerapan optimum artinya laju logam Co(II) yang terabsorpsi ke permukaan sel *T.viride* sama dengan laju desorpsi atau mencapai titik kesetimbangan biosorpsi yang terjadi pada jam ke-30.

Penurunan biosorpsi Co(II) terjadi karena sisi aktif pada gugus fungsi biomassa sudah terpenuhi oleh logam Co(II). Sisi aktif biomassa menjadi jenuh dan laju desorpsi lebih besar dari laju biosorpsi, akibatnya kemampuan mengabsorpsi logam Co(II) menurun. Kemampuan biomassa untuk mengikat logam akan menurun setelah dalam keadaan setimbang. Hal ini sesuai dengan kurva pertumbuhan *T.viride* pada **Gambar 4.1** yang menunjukkan bahwa pada waktu kontak 12 hingga 30 jam *T.viride* berada dalam fase eksponensial (fase perbanyakan sel) dan pada waktu kontak lebih dari 30 jam mengalami fase perlambatan pertumbuhan.



Gambar 4.3: Hasil pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*

Waktu kontak optimum terjadi pada jam ke-30 diperkuat dengan analisis data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada (Lampiran G.2.1) dengan taraf 5% diperoleh hasil F_{hitung} (203,48) lebih besar dari F_{tabel} (4,39). Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak berpengaruh terhadap biosorpsi logam Co(II) oleh *T.viride* sehingga dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Tabel pada (Lampiran G.2.2) menunjukkan hasil yang didapatkan berbeda nyata antara waktu kontak 30 jam dengan waktu kontak 12, 24, 36, 42, dan

48 jam, maka dapat disimpulkan bahwa waktu kontak optimum biosorpsi Co(II) adalah 30 jam.

4.4 Pengaruh Konsentrasi Adsorbat terhadap Biosorpsi Logam Co(II) Menggunakan *Trichoderma viride*

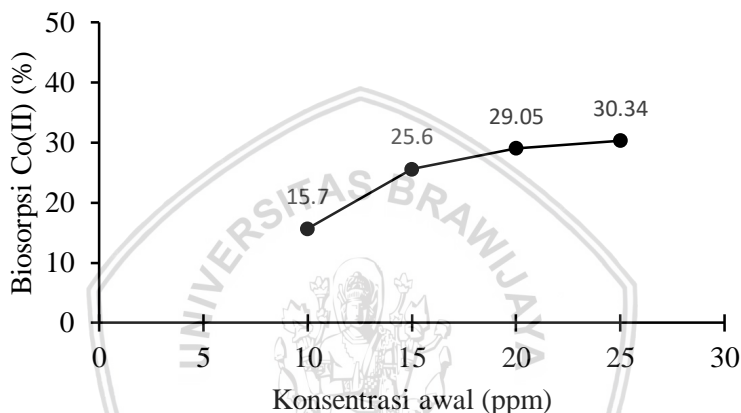
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*. Variasi konsentrasi awal Co(II) yang dipelajari adalah 10,0; 15,0; 20,0; dan 25,0 ppm. Kondisi yang digunakan adalah dilakukan pada kondisi optimum yang diperoleh sebelumnya (pH larutan Co(II) yaitu 4, waktu biosorpsi selama 30 jam), dengan jumlah inokulum sebanyak 20,0 mL. Setiap 10,0 mL inokulum mengandung $1,37 \times 10^6$ koloni *T.viride* [21].

Konsentrasi ion logam awal adalah parameter penting untuk proses biosorpsi. Konsentrasi ion logam berhubungan dengan banyaknya ion logam yang dapat berinteraksi dengan gugus aktif biomassa. Semakin banyak ion logam dalam larutan maka semakin banyak terjadi interaksi dengan gugus aktif biomassa, sehingga kapasitas penyerapannya meningkat [49].

Hasil pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride* dapat dilihat pada **Gambar 4.4**. Hasil menunjukkan bahwa adanya peningkatan persen Co(II) yang terabsorpsi seiring bertambahnya konsentrasi adsorbat. Konsentrasi awal larutan yang lebih tinggi menghasilkan serapan yang tinggi, karena pada konsentrasi yang lebih tinggi situs yang tersedia untuk serapan lebih sedikit dibandingkan dengan mol zat terlarut sedangkan pada konsentrasi rendah mol zat terlarut ke permukaan yang tersedia rendah [32]. Persen Co(II) yang terabsorpsi pada konsentrasi 10,0 ppm sebanyak 15,70% dan 15,0 ppm sebanyak 25,60%. Persen Co(II) yang terabsorpsi tidak berbeda nyata secara signifikan pada konsentrasi 20,0 ppm dan 25,0 ppm yaitu masing-masing 29,05% dan 30,34%. Hal ini dimungkinkan jumlah sisi aktif sama dengan jumlah ion logam, sehingga penyerapan yang terjadi tidak jauh berbeda.

Peningkatan jumlah Co(II) yang terabsorpsi menunjukkan bahwa gugus fungsi di permukaan sel *T.viride* masih dapat menyerap ion logam Co(II) karena belum mencapai titik kejenuhan. Hal ini berarti semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka jumlah Co(II) yang terikat

pada permukaan dinding sel *T.viride* semakin banyak. Kang [50] melaporkan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi, serapan hampir konstan karena kejenuhan situs pengikatan. Kejenuhan situs pengikatan terjadi ketika situs aktif biomassa terbatas namun ion-ion yang bersaing untuk berikatan pada situs pengikatan meningkat. Kapasitas biosorpsi dari biosorben *T.viride* terhadap logam Co(II) sebesar $0,02 \text{ mg/l} \times 10^6$ koloni *T.viride* yang diperoleh saat kondisi pH 4, waktu biosorpsi selama 30 jam, dan konsentrasi awal Co(II) yaitu 20,0 ppm.



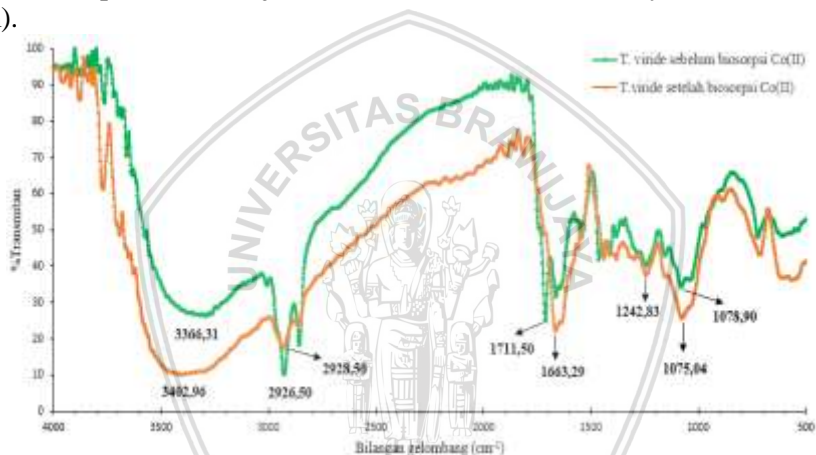
Gambar 4.4: Hasil pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap biosorpsi logam Co(II) menggunakan *T.viride*

Hasil analisa data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada (Lampiran G.3.1) dengan taraf 5% diperoleh nilai F_{hitung} (57,37) lebih besar dari nilai F_{tabel} (6,59). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi awal Co(II) berpengaruh terhadap biosorpsi logam Co(II) oleh *T.viride*. Tabel Uji Beda Nyata (BNT) pada Lampiran G.3.2 menunjukkan hasil yang didapatkan berbeda nyata, kecuali antara konsentrasi 20,0 ppm dengan 25,0 ppm tidak berbeda nyata sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi biosorbat optimum untuk biosorpsi logam Co(II) oleh *T.viride* adalah 20,0 ppm.

4.5 Perubahan Gugus Fungsi *Trichoderma viride* pada Proses Biosorpsi Co(II)

Gugus fungsi pada permukaan sel *T.viride* berperan sebagai pengikat logam Co(II) pada proses biosorpsi Co(II). Sampel yang digunakan yaitu endapan kering dari *T.viride* dan *T.viride* yang telah mengabsorpsi logam Co(II) kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri FTIR. Bishnoi [13] melaporkan bahwa gugus fungsi yang berada pada permukaan sel *T.viride* yaitu hidroksil dan amina.

Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari spektra FTIR *T.viride* sebelum dan sesudah proses biosorpsi Co(II) pada kondisi optimum (pH 4, waktu biosorpsi selama 30 jam, dan konsentrasi awal Co(II) yaitu 20,0 ppm).



Gambar 4.5: Spektra FTIR sebelum dan sesudah proses biosorpsi Co(II) oleh *T.viride*

Gugus fungsi pada permukaan sel *T.viride* mengalami perubahan bilangan gelombang akibat pengaruh proses biosorpsi Co(II). Terdapat lima area signifikan yang mengalami perubahan karena proses biosorpsi Co(II). Puncak serapan melebar pada bilangan gelombang 3366,31 cm^{-1} menjadi 3402,96 cm^{-1} yang menandakan gugus hidroksil (-OH) dan gugus amina (-NH). Terdeteksi adanya C-H sp^3 dari gugus alkana pada bilangan gelombang 2926,50 cm^{-1}

menjadi $2928,50\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur $\text{C} = \text{O}$ dari gugus karboksilat pada bilangan gelombang $1711,50\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1663,29\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur $\text{C} - \text{N}$ dari gugus amina yang terdeteksi pada bilangan gelombang $1242,83\text{ cm}^{-1}$, dan vibrasi ulur $\text{C} - \text{O}$ dari gugus karboksilat pada bilangan gelombang $1078,90\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1075,04\text{ cm}^{-1}$. Daerah sidik jari yaitu $1000 - 500\text{ cm}^{-1}$ juga mengalami perubahan yang menandakan adanya gugus fosfat dan alkana dari asam nukleat (DNA).

Tabel 4.1: Analisis gugus fungsi *T.viride* sebelum dan setelah biosorpsi Co(II)

Sebelum Biosorpsi Co(II)			Setelah Biosorpsi Co(II)		
Bilangan gelombang (cm^{-1})	%T	Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})	%T	Gugus fungsi
3366,31	26	N-H amina O-H asam karboksilat	3402,96	10	N-H amina O-H asam karboksilat
2926,50	9	C-H sp^3 alkana	2928,50	16	C-H sp^3 alkana
1711,50	24	C=O asam karboksilat	1663,29	20	C=O asam karboksilat
1242,83	39	C-N amina	1242,83	38	C-N amina
1078,90	32	C-O asam karboksilat	1075,04	24	C-O asam karboksilat

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa setelah dilakukan biosorpsi oleh *T.viride* terjadi penurunan intensitas ikatan pada gugus fungsi N-H, O-H, C=O, C-N, dan C-O. Peningkatan intensitas ikatan terjadi pada gugus fungsi C-H sp^3 . Transmittan pada gugus fungsi yang berada pada rentang 0-35% menandakan bahwa ikatan kuat antar atom dengan

puncak tinggi. Transmittan gugus C-N yaitu 39% sebelum Biosorpsi dan 38% setelah biosorpsi menandakan bahwa ikatan sedang antar atom dengan puncak sedang. Gugus fungsi yang mengalami perubahan intensitas dimungkinkan terlibat dalam proses biosorpsi. Nilai persen transmittan yang rendah menandakan gugus fungsi pada *T.viride* telah berikatan dengan logam Co(II) dan sebaliknya nilai persen transmittan yang lebih tinggi berarti *T.viride* belum berikatan dengan Co(II). Makromolekul yang mungkin berperan dalam proses biosorpsi Co(II) berdasarkan gugus fungsi pada permukaan sel *T.viride* adalah protein.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah:

- a. pH larutan dapat mempengaruhi biosorpsi Co(II) yaitu pada pH rendah dan pH tinggi biosorpsi Co(II) terjadi secara lambat. Biosorpsi Co(II) optimum terjadi pada pH 4 dengan persentase Co(II) yang terabsorpsi sebesar 98,58%.
- b. Waktu kontak dapat mempengaruhi biosorpsi Co(II) yaitu biosorpsi Co(II) mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu kontak dan biosorpsi Co(II) terjadi secara lambat setelah mencapai waktu kesetimbangan yang terjadi pada jam ke-30 dengan hasil biosorpsi sebesar 82,45%.
- c. Konsentrasi adsorbat dapat mempengaruhi biosorpsi Co(II) yaitu biosorpsi Co(II) akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi adsorbat sampai permukaan sel mengalami kejenuhan. Konsentrasi adsorbat optimum terjadi pada konsentrasi 20,0 ppm dengan hasil biosorpsi sebesar 29,05%. Kapasitas biosorpsi *T.viride* terhadap logam Co(II) adalah 0,02 mg/10⁶ koloni *T.viride*.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan dapat mengkaji faktor lain seperti jumlah inokulum dan suhu yang dapat mempengaruhi proses biosorpsi oleh *T.viride*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kamil, M., 2018, **Pertumbuhan Produksi Industri Manufaktur Besar dan Sedang Triwulan IV tahun 2017 Naik sebesar 5,15 persen dan Pertumbuhan Produksi Industri Manufaktur Mikro dan Kecil Triwulan IV-2017 Naik Sebesar 4,59 persen**, *Badan Pusat Statistik*.
- [2] Srivastava, N. K. & Majumder, C.B., (2008), **Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater**, *Journal of Hazardous Materials*, 151(1), 1–8.
- [3] Orozco, A. M. F., Contreras, E. M., & Zaritzky, N.E., (2008), **Modelling Cr(VI) removal by a combined carbon-activated sludge system**, *Journal of Hazardous Materials*, 150(1), 46–52.
- [4] Abbas, M., Kaddour, S., & Trari, M., (2014), **Kinetic and equilibrium studies of cobalt adsorption on apricot stone activated carbon**, *Journal Ind. Eng. Chem.*, 20(3), 745–751.
- [5] Gupta, N., Kushwaha, A. K., & Chattopadhyaya, M. C., (2011), **Adsorptive removal of Pb^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} by hydroxyapatite/chitosan composite from aqueous solution**, *Journal Taiwan Institute Chemistry Engineers*. 43(1), 125-131.
- [6] Bordoloi, N., Goswami, R., Kumar, M., & Kataki, R., (2017), **Biosorption of Co (II) from aqueous solution using algal biochar: Kinetics and isotherm studies**, *Bioresources Technology*, 244, 1465–1469.
- [7] Liao, B., Sun, W., Guo, N., Ding, S., & Su, S., (2016), **Comparison of Co^{2+} adsorption by chitosan and its triethylene-tetramine derivative: Performance and mechanism**, *Carbohydrate Polymer*, 151, 20–28.

- [8] Serrano, M. H., (2014), **Adsorption Kinetics of Cobalt (II) Ions onto Alginate Beads from Aqueous Solutions**, *Journal Earth Science & Climatic Change*, 5(8), 1-5.
- [9] Preetha, B. & Viruthagiri, T., (2005), **Biosorption of zinc (II) by *Rhizopus arrhizus*: equilibrium and kinetic modelling**, *Afr. Journal Biotechnology*, 4(6), 506–508.
- [10] Heltina, D. & Indriani, R., (2009), **Biosorpsi Pb (II) Pada Jamur *Trichoderma Asperrellum* TNJ-63**, *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(1), 1–4.
- [11] Kareem, S.O., Adeogun, A.I., & Omeike, S.O., (2014), **Biosorption studies for the removal of ferrous ion from aqueous solution by *Aspergillus terreus* and *Trichoderma viride* : kinetic, thermodynamic and isothermal parameters**, *Journal Water Supply Research Technology*, 63(1), 66.
- [12] Sujatha, P., Kalarani, V., & Kumar, B. N., (2013), **Effective Biosorption of Nickel(II) from Aqueous Solutions Using *Trichoderma viride***, *Journal Of Chemistry*, 1–7.
- [13] Bishnoi, N.R., Kumar, R., & Bishnoi, K., (2007), **Biosorption of Cr(VI) with *Trichoderma viride* Immobilized Fungal Biomass and Cell Free Ca-alginate Beads**, *Indian Journal Eperimental Biology*, 45, 657–664.
- [14] Sawyer, C.N. dan Mc.Carty, P.L., (1987), *Chemistry of Engineering*, Third Edition, Tokyo: Mc.Graw Hill Kogakusha Ltd.
- [15] Sembel, D.T., (2015), *Toksikologi Lingkungan*, Yogyakarta: Andi.
- [16] Cotton, F.A. & Wilkinson, G., (2002), *Kimia Tak Organik Lanjutan*, Malaysia: UTM.

- [17] G. Svehla, (1979), *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*, London: Longman Group Limited.
- [18] H. Achmad, (2001), *Kimia Unsur dan Radiokimia*, Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.
- [19] Effendi, H., (2003), *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Yogyakarta: Kanisius.
- [20] Girindra, (1990), *Biokimia*, Jakarta: Gramedia.
- [21] Taloin, R. & Safitri, A., (2018), **Biosorption of Pb²⁺ using Trichoderma viride as Alternative Solution for Heavy Metal Pollution in the Waters**, *Journal Pure Application Chemistry Research*, 7(1), 70–78.
- [22] Ahalya, N., Ramachandra, T.V., & Kanamadi, R.D., (2003), **Biosorption of Heavy Metal**, *Research Journal Chemistry Environment*, 7, 71–79.
- [23] Ratnawati, E., Ermawati, R., & Naimah, S., (2010), **Teknologi Biosorpsi oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat**, *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 32(1), 34–40.
- [24] Barnett, H.L. & Hunter, B.B., (1987), *Illustrated General of Imperfect Fungi*, New York: Macmillan.
- [25] Waksman, S.A., (1961), *Soil Microbiology*, New York: John Wiley & Sons.
- [26] Wirawan, A.E., Djauhari, S., & Sulistyowati, L., (2014), **Analisis Perbedaan Pengaruh Penerapan Sistem PHT dan Konvensional Terhadap Keanekaragaman Trichoderma sp.**

Pada Lahan Padi, *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuh.*, 2(3), 66.

- [27] Alexopoulos, C. J. & Mims, C. W., (1979), *Introductory Mycology*, 3rd ed, New York: John Wiley & Sons.
- [28] Falch, E.A., (1991), **Industrial enzymes—developments in production and application**, *Biotechnology Adv.*, 9(4), 643–658.
- [29] Davis, T.A., Volesky, B., & Mucci, A., (2003), **A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae**, *Water Res.*, 37(18), 4311–4330.
- [30] Martins, B.L., Cruz, C.C.V., Luna, A.S., & Henriques, C.A., (2006), **Sorption and desorption of Pb²⁺ ions by dead *Sargassum* sp. biomass**, *Biochemistry Engineers Journal*, 27(3), 310–314.
- [31] Aryal, M. & Liakopoulou-Kyriakides, M., (2015), **Bioremoval of heavy metals by bacterial biomass**, *Environment Monit. Assess.*, 187(1), 1-26.
- [32] Ansari, M.I., Masood, F., & Malik, A., (2011), **Bacterial Biosorption: A Technique for Remediation of Heavy Metals**, *Microbes and Microbial Technology*, 283–319.
- [33] Ayangbenro, A. & Babalola, O., (2017), **A New Strategy for Heavy Metal Polluted Environments: A Review of Microbial Biosorbents**, *International Journal Environment Res. Public. Health*, 14(1), 94.
- [34] Wawrzekiewicz, M. & Hubicki, Z., (2009), **Application of nitroso-R-salt in modification of strongly basic anion-exchangers Amberlite IRA-402 and Amberlite IRA-958**, *Desalination*, 249(3), 1228–1232.

- [35] Marczenko, Z. & Balcerzak, M., (2000), *Separation, Preconcentration and Spectrophotometry in Inorganic Analysis*, Poland: Elsevier.
- [36] Jeffery, G.H., (1989), *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis*, Fifth Edition, New York: Longman Scientifics & Technical.
- [37] Lestari, F., (2009), *Bahaya Kimia sampling dan pengukuran kontaminan di udara*, Jakarta: EGC.
- [38] Skoog, D.A. & West, D.M., (1971), *Principles of Instrumental Analysis*, New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- [39] Claassen, A. & Westerveld, W., (1948), **The photometric determination of cobalt with nitroso-R-salt**, *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas*, 67(9), 720–724.
- [40] Mahardini, P., (2017), *Pengaruh Jumlah Inokulum, pH, dan Konsentrasi Awal Cr(VI) terhadap Biosorpsi Cr(VI) oleh Trichoderma viride*, (Skripsi), Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
- [41] Hendayana, S., (1994), *Kimia Analitik Instrumen*, Semarang: IKIP Press.
- [42] Suyono, (2018), *Analisis Regresi untuk Penelitian*, Yogyakarta: Deepublish.
- [43] Aripismoyo, L. S., (2013), *Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi pada Adsorpsi Co(II) Menggunakan Adsorben Kitin Terfosforilasi dari Limbah Cangkang Bekicot (Achatina fulica)* (Skripsi), Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

- [44] Tangio, J.S., (2013), **Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**, *Jurnal Entropi*, 8(1), 500-506.
- [45] Feng, N., Guo, X., Liang, S., Zhu, Y., & Liu, J., (2011), **Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by chemically modified orange peel**, *Journal of Hazardous Materials*, 185, 49–54.
- [46] Abdel-Ghani, N.T., & El-Chaghaby, G.A., (2014), **Biosorption For Metal Ions Removal From Aqueous solution A Review Of Recent studies**, *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 3(1), 24-42.
- [47] Ziagova, M., Dimitriadis, G., Aslanidou, D., Papaioannou, X., Tzannetaki, E.L., & Liakopouloukyriakides, M., (2007), **Comparative study of Cd(II) and Cr(VI) biosorption on *Staphylococcus xylosus* and *Pseudomonas* sp. in single and binary mixtures**, *Bioresources Technology*, (98), 2859–2865.
- [48] Ahmaruzzaman, M., (2011) **Industrial wastes as low-cost potential adsorbents for the treatment of wastewater laden with heavy metals**, *Colloid Interface Science*, (166), 36–59.
- [49] Ramadhan, B. & Hanjani, M., (2007), *Biosorpsi logam berat Cr(VI) dengan menggunakan biomass *Saccharomyces cerevisiae**, Bandung: ITB.
- [50] Kang, S., Lee, J., dan Kima, K., (2007), **Biosorption of Cr(III) and Cr(VI) onto the cell surface of *pseudomonas aeruginosa***, *Biochemistry Eng. Journal.*, (36), 54–58.
- [51] Djide, Sartini, & Kadir, (2005), *Analisis Mikrobiologi Farmasi*, Laboratorium Mikrobiologi Farmasi FMIPA UNHAS, Makasar.
- [52] Taloin, R., (2017), *Pengaruh pH, Konsentrasi, Waktu Kontak, dan Jumlah Inokulum pada Proses Biosorpsi Ion Pb(II)*

Menggunakan Trichoderma viride (Skripsi), Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

- [53] Pagarra, H., (2009), **Laju Pertumbuhan Jamur Rhizopus sp. pada Tempe Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus L.*)**, *Bionature*, 10(2), 69–74.
- [54] Purwoko, T., (2007), *Fisiologi Mikroba*, Jakarta: Bumi Aksara.
- [55] Gandjar, I., (2006), *Mikologi Dasar dan Terapan*, Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

